



Innovation in research and engineering education:  
key factors for global competitiveness

Innovación en investigación y educación en ingeniería:  
factores claves para la competitividad global

# ACERCA DE LA FORMACIÓN EN DISEÑO DE INGENIERÍA EN LA UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO: EL CASO DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Diego Fernando Jaramillo Patiño

Universidad del Quindío  
Armenia, Colombia

## Resumen

Este trabajo tiene por objeto recoger la experiencia en la formación en Diseño de Ingeniería en el Programa de Ingeniería Electrónica en la Universidad del Quindío llevada a cabo en los últimos ocho años y presentar un panorama breve pero completo del Área de Formación en Diseño: su estructura curricular, su justificación epistemológica y los aspectos metodológicos pertinentes. En primer lugar, haremos unas consideraciones preliminares para evidenciar que la formación en Diseño de Ingeniería ha venido a ser en el tiempo un área completamente constituida. En segundo lugar, mostraremos la estructura curricular del área. Seguidamente, haremos referencia, en términos generales, a los fundamentos epistemológicos asumidos como guía para la acción técnica. Para ocuparnos, finalmente, de exponer los fundamentos metodológicos del área, tanto a nivel de la metodología de diseño como de la metodología didáctica adoptadas, terminando con un breve análisis de impactos.

**Palabras clave:** currículo; diseño de ingeniería; formación de ingenieros

## Abstract

*This work is intended to reflect the experience in training in Engineering Design in Electronic Engineering Program at the University of Quindío conducted in the last eight years, and submit a brief but comprehensive overview of the Design Training Area: its curricular structure, its epistemological justification and relevant methodological issues. First, we will do some preliminary considerations to show that training in engineering design has become an area over time completely formed. Secondly, we will show the curricular structure of the area. Next, we will refer in general terms to the epistemological grounds assumed to guide the technical action. To deal finally exposing the methodological foundations of the area, both in terms of the design methodology and the teaching methodology adopted, ending with a brief analysis of impacts.*

**Keywords:** *curriculum; engineering design; engineering training*

## 1. Introducción

En el programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío la formación en diseño ha sido un propósito pedagógico de gran importancia. Para alcanzarlo, se incluyó hace ocho años en la malla curricular un Área de Formación en Diseño. La experiencia partió de la primera Reforma Curricular adelantada en el Programa de Ingeniería Electrónica en el año 2005. En este trabajo se presenta la estructura curricular del Área de Diseño, su justificación epistemológica y los aspectos metodológicos de este diseño curricular.

El Área de Formación en Diseño está compuesta por tres asignaturas consecutivas de carácter metodológico y su estructura representa un modelo simplificado del proceso de diseño cuyo presupuesto pedagógico fundamental es la formación de ingenieros diseñadores a través del ejercicio reflexivo y gradual del método propio de la ingeniería y de ella nos ocuparemos en el apartado 2.

Dado que es importante guiar las prácticas por principios epistemológicos, cada una de las asignaturas que conforman el Área de Diseño consta de un componente teórico y un componente metodológico. El componente teórico consiste en un sólido corpus de principios epistemológicos como marco para comprender la racionalidad de la ingeniería, en el apartado 3 presentaremos, en términos generales, el mapa de estos fundamentos. El componente metodológico consiste en un enfoque del proceso de diseño como guía de la acción metodológica y un esquema pedagógico de aprendizaje activo por proyectos, estricto trabajo colaborativo en equipos de diseño y acompañamiento permanente mediante reuniones de trabajo. Dedicaremos el apartado 4 a exponer los enfoques metodológico y didáctico.

Finalmente, vale la pena anotar que este trabajo en el campo de la formación en el diseño de ingeniería tiene, al menos, dos utilidades prácticas inmediatas. De una parte, contribuye a la superación de la cultura de la tarea y su reemplazo por una cultura de la satisfacción de requerimientos, muchísimo más pertinente para la formación de ingenieros. Y, de otra parte, servirá como insumo para la implementación de la iniciativa CDIO, puesto que aporta los elementos ganados a lo largo de una experiencia de ocho años en la formación de ingenieros diseñadores.

## 2. Estructura del área de diseño

El Área de Diseño está compuesta por tres asignaturas de carácter metodológico, a saber: Fundamentos de Diseño, Diseño I, Diseño II; y un espacio académico no convencional: Proyecto de Grado, ubicados en orden consecutivo en los semestres VII, VIII, IX y X, respectivamente, en la malla curricular del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío.

Hemos adoptado el enfoque sistemático del proceso de diseño, profusamente desarrollado por Pahl & Beitz (Pahl, *et al.*, 2005), sin desconocer la existencia de otros enfoques y su pertinencia, tales como el enfoque axiomático (Suh, 1990, 2001), el diseño total (Pugh, 1991), el diseño paramétrico (Simon, 1996), el diseño reflexivo (Schön, 1983), por citar algunos. La razón de ello es que el mencionado enfoque nos permite representar el proceso de diseño mediante un modelo simple en tres etapas de gran utilidad para fines pedagógicos, a saber: Diseño Conceptual, Diseño Preliminar, de Materialización o de Incorporación y Diseño de Detalle. Con base en lo anterior, cada una de las asignaturas que conforman el componente de Diseño del

programa de Ingeniería Electrónica se ocupa de una de las fases del modelo del proceso adoptado.

El componente se inicia con la asignatura Fundamentos de Diseño, la cual se encarga de introducir a los estudiantes en las tareas y técnicas del método de diseño constituyendo así la “caja de herramientas” con la cual los estudiantes abordarán las siguientes etapas. Seguidamente, la asignatura Diseño I tiene a su cargo la etapa del Diseño Conceptual, la asignatura Diseño II se ocupa de la etapa del Diseño Preliminar o de Incorporación y, finalmente, el espacio académico no convencional Proyecto de Grado se encarga de la etapa de Diseño de Detalle.

### 3. Fundamentos epistemológicos

El marco epistemológico es elaborado mediante el componente teórico presente en cada una de las asignaturas del área. Este componente está dividido en dos partes. En una de ellas, abordamos la discusión de la visión de la ingeniería como ciencia aplicada con el exclusivo fin de desmontarla a través de una serie de argumentos de carácter metodológico, estructural, lógico, epistemológico y ontológico. En la otra, abordamos la reflexión en torno a la naturaleza de la ingeniería, a la naturaleza de sus prácticas y a la naturaleza de sus productos.

En general, adelantamos la discusión estableciendo las relaciones entre ciencia, tecnología e ingeniería. Las relaciones entre ciencia y tecnología están profusamente ilustradas y estudiadas en la bibliografía especializada (Brooks, 1994), (Shapere, 1998), (Idhe, 1991). No podemos decir lo mismo de la relación entre tecnología e ingeniería, pues ha sido aceptado más o menos acríticamente el punto de vista de que la ingeniería es propiamente el modo como se hace la tecnología (Bucciarelli, 2003), quizás el único trabajo en esta línea lo constituya un inaccesible artículo de un académico chino el cual propone identificar la interface entre la tecnología y la ingeniería en la relación entre la invención y la generación (Xiao, 2005). Lo que resulta, pues, de interés para nosotros es la relación entre la ciencia y la ingeniería, específicamente las diferencias entre ellas.

En el caso de Fundamentos de Diseño, con respecto a la primera parte del componente teórico introducimos los dos primeros argumentos en contra de la visión de la ingeniería como ciencia aplicada, a saber: el que hemos denominado ‘Argumento Metodológico’ y el que hemos denominado ‘Argumento Estructural’. El primer argumento nos lleva a reconocer que ciencia e ingeniería son actividades que requieren, ambas, metodologías diferentes específicas (Eekels, *et al.*, 1991). Sin embargo, dado el isomorfismo evidente entre el ciclo de diseño y el ciclo de investigación, el Argumento Metodológico podría resultar incidental, razón por la cual, introducimos el llamado Argumento Estructural, buscando establecer un criterio de demarcación claro entre ciencia e ingeniería mediante el análisis de la estructura de la acción técnica (Poser, 1998). Con respecto a la segunda parte del componente teórico exploramos la naturaleza de la ingeniería. Las condiciones de la globalización, el evidente colapso del actual paradigma de reproducción material de la sociedad y la desbordante explosión de nuevas ingenierías, sólo comparable con la revolución científica del siglo XIX (Goldberg, 2010), afectan el ejercicio profesional de la ingeniería y hacen obsoleta su definición decimonónica. En consecuencia, abordamos dos asuntos principales, la así llamada inadecuación filosófica de la ingeniería (Mitcham, 2009) y la nueva definición de la ingeniería en el contexto del ejercicio global de la profesión (Davis, 2009).

En el caso de Diseño I, con respecto a la primera parte del componente teórico introducimos un tercer argumento en contra de la visión de la ingeniería como ciencia aplicada, que hemos denominado

‘Argumento Lógico’. En este argumento nos ocupamos por establecer una diferencia entre ciencia e ingeniería desde el punto de vista de sus racionalidades (Kroes, 2002). Aquí nos esforzamos por mostrar que tanto la ciencia como la ingeniería poseen racionalidades distintas y particulares: la lógica de la ciencia es susceptible sólo de una reconstrucción racional ideal, mientras que la lógica del diseño lo es de una reconstrucción racional real lo cual, propiamente, las diferencia a la una de la otra. Con respecto a la segunda parte del componente teórico, exploramos la naturaleza de la práctica de la ingeniería, es decir. En primer lugar, consideramos la naturaleza, las actividades (Cross, 2002) y los problemas de diseño (Cross, 2002), (Koen, 2000) y, en segundo lugar, comparamos la visión irracionalista del diseño (Antonsson, 2010), según la cual el diseño es un acto puro de la mente caracterizado por la creatividad, con la visión racionalista (Dym, 2002), (Kroes, 2009), (Kroes, *et al.*, 2009), según la cual el diseño es un proceso pensado que puede ser entendido y enseñado y cuyos métodos formales sirven para encontrar alternativas creativas y eficientes de solución, evaluadas contra un marco de criterios racionalmente establecido en conjuntos de especificaciones.

En el caso de Diseño II, con respecto a la primera parte del componente teórico introducimos un cuarto y último argumento en contra de la visión de la ingeniería como ciencia aplicada que hemos denominado el ‘Argumento Epistemológico’. En este momento de la discusión es preciso formular la hipótesis nula (Houkes, 2009a) según la cual la ingeniería es una actividad epistemológica y ontológicamente cero-beneficio, es decir, la idea de que la ingeniería no produce conocimiento (Houkes, 2009b), (Vermaas, 2011) y de que sus artefactos no son en absoluto metafísicamente interesantes (Thomasson, 2009). El conocimiento es de vital importancia para la ingeniería y es indudable que los ingenieros se relacionan de una forma estrecha con éste. Para la visión de la ingeniería como ciencia aplicada los ingenieros son consumidores, no productores de conocimiento y, por tanto, epistemológicamente hablando la ingeniería es dependiente de la ciencia. El Argumento Epistemológico no niega cuán importante es el conocimiento científico para los ingenieros y para la ingeniería, sin embargo, sostiene que los ingenieros producen conocimiento de dos tipos, tanto conocimiento de naturaleza teórica como de naturaleza práctica, y que ambos tipos de conocimiento son esencialmente diferentes del conocimiento científico. De una parte, el conocimiento teórico resulta relevante para desarrollar métodos de cálculo de ingeniería, pero es del todo irrelevante desde el punto de vista científico. De otra parte, el conocimiento práctico es producido con el objetivo fundamental de obtener información acerca de las especificaciones técnicas en el proceso de diseño, es decir, para obtener información de diseño en ausencia de teorías disponibles (Vincenti, 1990), (Pitt, 2000, 2001).

Con respecto a la segunda parte del componente teórico, Diseño II se ocupa de la reflexión en torno a la naturaleza de los productos de la ingeniería, a saber: los artefactos técnicos. El punto de partida para este análisis es el modo en el cual los ingenieros conciben y describen artefactos técnicos (Kroes, 2010). Ahora bien, cuando revisamos el modo en el cual los ingenieros conciben y describen artefactos técnicos encontramos que ellos lo hacen en términos de propiedades funcionales, propiedades físicas y materiales y de las acciones que tienen que llevarse a cabo con el fin de realizar la función del artefacto técnico. Para este análisis nos valemos de la teoría de la Naturaleza Dual de los Artefactos Técnicos (Meijers, *et al.*, 1999), según la cual los artefactos técnicos tienen una doble naturaleza: de una parte, son objetos físicos (construcciones humanas) que pueden ser utilizadas para realizar cierta función y, de otra parte, son objetos intencionales puesto que es la función de un artefacto técnico la que lo distingue de los objetos físicos (naturales) y esta función tiene sentido o significado solamente dentro del contexto de la acción intencional humana (Kroes, 2002), con lo cual, podemos asumir que los artefactos técnicos son objetos con una función técnica y con una estructura física conscientemente diseñada, producida y usada por humanos para realizar su función, es decir, un artefacto técnico es un objeto físico con una función técnica (Kroes, 2002).

De esta manera, la noción de función técnica viene a ser crucial, puesto que ella sirve como puente entre las estructuras funcional e intencional de los artefactos técnicos en un doble contexto: el contexto del diseño técnico y el contexto de uso. Así pues, el análisis acerca de la naturaleza de los productos de la ingeniería nos conduce al análisis de la naturaleza de la función técnica (Houkes, *et al.*, 2010).

#### 4. Fundamentos metodológicos

En el anterior apartado, hemos perfilado la fundamentación epistemológica del Área de Diseño, ahora esbozaremos rápidamente su componente práctico. En el caso de Fundamentos de Diseño, se trata de llevar a cabo el proceso de diseño de un artefacto cuya forma y función satisfagan los requerimientos planteados para la solución de un problema de ingeniería de manera racional, sistemática y metódica. Para ello, comenzamos por plantear un problema tipo de ingeniería, para cuya solución prescribimos una serie de tareas a las cuales asignamos un método formal de diseño, respectivamente. Con tal caja de herramientas nos ocupamos en diseñar un artefacto a escala cuya forma y función satisfagan los requerimientos para la solución del problema propuesto, realizando un prototipo funcional del artefacto. Los resultados de la aplicación del método serán comunicados mediante documentación en un cuaderno de diseño y prueba técnica en laboratorio o en campo.

El componente práctico, pues, se abordará como un ejercicio preliminar del método de diseño mediante la aplicación sistemática y ordenada de una serie de métodos formales para llevar a cabo las principales tareas de diseño según el enfoque sistemático. Para lograrlo, se propondrá una didáctica de trabajo semi-desescolarizado. Propuesto un problema de diseño, se conforman equipos de trabajo con el fin de diseñar un artefacto que satisfaga el conjunto de requerimientos del problema; el profesor plantea la tarea de diseño e introduce el método formal para llevarla a cabo, cada equipo se enfoca en realizar la tarea aplicando el método expuesto. Durante el tiempo asignado para esta actividad, cada equipo trabajará por fuera del salón de clases, asistiendo obligatoriamente a una entrevista con el profesor, en la cual se discutirán los aspectos relevantes del proceso consignados de antemano por el equipo en el reporte de estado semanal de diseño de acuerdo al formato suministrado para este fin. De esta manera, se pretende propiciar un aprendizaje autónomo y responsable, en el cual se incentive la construcción social de medios tecnológicos, se afiance el trabajo en equipo, se promueva la comunicación y se oriente la acción según fines hacia la resolución metódica de problemas mediante el diseño y producción de artefactos. Finalmente, se promoverá entre los equipos el levantamiento de un cuaderno de diseño en el cual se consignen las fases del proceso, en el sentido de una teoría del artefacto (Reddy, *et al.*, 2005), con el fin de estimular las habilidades de comunicación y de gestión de la información. En los últimos dos años hemos estado diseñando cohetes hidro-propulsados aplicando esta metodología.

En el caso de Diseño I, se trata de aplicar las herramientas de diseño adquiridas en el anterior curso a la elaboración de un concepto de diseño y a su posterior comprobación experimental. Para ello, formulamos un problema de diseño cuya solución se llevará a cabo a lo largo de los espacios académicos Diseño I y Diseño II, con el fin de producir una representación conceptual nítida mediante la aplicación de algunas herramientas del método, particularmente, los métodos formales de diseño relativos a las cinco primeras tareas prescritas por el modelo adoptado del proceso de diseño. Ahora bien, con el fin de llevar a cabo una comprobación del concepto de diseño elaborado, se realizarán los arreglos experimentales pertinentes. Igualmente, los resultados de la aplicación del método a la producción de un concepto de diseño serán comunicados mediante documentación en un cuaderno de diseño -el cual funge como teoría del artefacto, como un histórico del proceso de diseño- y comprobados mediante una prueba técnica en laboratorio o en

campo.

En la parte práctica, pues, del curso de Diseño I, los equipos de diseño conformados en la tercera semana lectiva y consolidados desde entonces hasta hoy, se involucrarán en una experiencia real de solución de problemas de ingeniería, mediante la aplicación rigurosa del método de diseño en ingeniería, fundamentado e ilustrado en las precedentes unidades del curso. Por constituir una práctica de aplicación de principios metodológicos a un caso real problemático, y teniendo en cuenta que es sólo gradualmente como los equipos de diseño lograrán hacerlos significativos, es que tenemos que adoptar otra metodología completamente diferente de aquella que traíamos. Ahora no nos proponemos construir marcos, sino hacer uso de ellos. Por tanto, debemos propiciar la práctica y guiar la aplicación. Abandonamos, entonces, la clase presencial y expositiva, y la reemplazamos por sesiones de trabajo dirigido con acompañamiento. Dado que todos los estudiantes se han agrupado en equipos de diseño perfectamente diferenciables por su recurso humano y perfectamente diferenciados por los problemas de que se ocupan, el curso ha cambiado su constitución.

En el caso de Diseño II, el objetivo general del curso es el de aplicar herramientas de diseño a la obtención de una descripción detallada de un artefacto mediante especificaciones, que permita la incorporación en un prototipo funcional de un concepto comprobado de ese artefacto de diseño. En consecuencia, el insumo del cual parte el curso de Diseño II lo constituyen las especificaciones, razón por la cual se trata ahora de elaborar especificaciones funcionales y de configuración del artefacto de diseño. Estas especificaciones deben incorporarse, pues, en un prototipo funcional del artefacto, lo cual implica un esmerado trabajo experimental y de laboratorio por lo cual es preciso diseñar sistemas de medición con el fin de evaluar el grado de obtención de las características contra el grado de deseabilidad de los aspectos en el artefacto y realizar arreglos experimentales con el fin de obtener estas mediciones. Con los valores así obtenidos se desarrollan matrices de decisión mediante las cuales se decide acerca de cuál alternativa de solución es la mejor y ésta se lleva a un prototipo funcional.

En el curso de Diseño II consideramos como rector de la acción el heurismo: “No se construye o fabrica nada que primero no se haya diseñado”, es decir, sólo se incorpora un conjunto completo de especificaciones. En consecuencia, el curso requiere de un trabajo independiente por parte de los equipos de diseño, tal como fueron constituidos desde Diseño I, con el fin de desarrollar un proceso de sucesivas especificaciones de manera racional, es decir, metódica y sistemática, así como un esmerado trabajo experimental y de laboratorio. Ahora bien, coincidimos con Dym y Little en la idea de que “la comunicación es parte central del proceso de diseño.” (Dym, *et al.*, 2002), razón por la cual el componente de diseño culmina con una gran experiencia de socialización y comunicación de los resultados del proceso mediante una presentación de los diferentes prototipos funcionales de los artefactos diseñados dirigida a toda la comunidad universitaria y a empresarios y potenciales inversionistas.

## 5. Breve Análisis de Impactos

El Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío cuenta con un total de 300 trabajos de grado, realizados entre los años 2002 y 2012. De éstos, 143 o sea el 48% aproximadamente, han sido realizados en diseño. A partir del año 2005 cuando ocurre la reforma curricular que da vida al Área de Formación en Diseño se han realizado 124 trabajos de grado en diseño, sin embargo, es de esperarse que exista un retardo antes de ver la influencia real del Área sobre estos trabajos. Efectivamente, a partir del año 2008 comienza a aparecer en los informes finales un apartado dedicado a explicar la metodología de diseño

con la cual se llevó a cabo el trabajo, aun cuando todavía no sea muy consistente con las metodologías impartidas en los cursos del Área. Sin embargo, los 50 trabajos de grado en diseño realizados entre los años 2010 y 2012, que representan un 51% del total de los trabajos de grado en diseño entre los años 2005 y 2012, contienen metodologías expresas y completas de diseño correspondientes a las impartidas en los cursos del Área, así como elementos adicionales fruto del marco referencial artefactual, presente en el componente epistemológico del Área, tales como consideraciones acerca del mantenimiento, la reparación, el reúso y el retiro de los artefactos técnicos, así como manuales de uso y manuales de mantenimiento, lo cual muestra además el impacto del Área en la formación de ingenieros diseñadores no sólo en el campo metodológico, sino también en el epistemológico.

## 6. Conclusiones

Hemos hecho un recorrido por la estructura, los fundamentos epistemológicos, metodológicos y didácticos del Área de Diseño del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío, con el fin de dar a conocer nuestra experiencia y nuestros esfuerzos en la formación de ingenieros diseñadores, por espacio de ocho años, tiempo en el que se ha venido consolidando una cultura del diseño que puede verse en el hecho de que alrededor del 48% de los proyectos de grado han sido realizados en el área de diseño, compartiendo porcentaje con otras modalidades de trabajos de grado como son las pasantías y los proyectos de aplicación o de investigación propiamente dichos. Hemos presentado cada uno de los cursos del Área de Diseño en su doble componente teórico: el desmonte de la visión de la ingeniería como ciencia aplicada y el análisis de la naturaleza de ingeniería, de la de sus prácticas y de la de sus productos; así como en su doble componente metodológico: el enfoque sistemático del proceso de diseño y las didácticas para su realización curricular. Hemos mostrado además que el Área de Diseño posee una firme sustentación epistemológica, metodológica y pedagógica, que ha empezado a ejercer un impacto positivo sobre la formación de ingenieros diseñadores.

## 7. Referencias

- Antonsson, E. (2010). *Design Quotations*. Retrieved Octubre 25, 2010, from Engineering Research Laboratory. California Institute of Technology:
- [http://www.design.caltech.edu/erik/Misc/design\\_quotes.html](http://www.design.caltech.edu/erik/Misc/design_quotes.html)
- Brooks, H. (1967, febrero). Dilemmas of Engineering Education. *Spectrum, IEEE*, 4(2), 89-91.
- Brooks, H. (1994). The Relation Between Science and Technology. *Research Policy*, 23, 477-486.
- Bucciarelli, L. (2003). *Engineering Philosophy*. Netherlands: Delft University Press Satellite.
- Cross, N. (2002). *Métodos de Diseño. Estrategias para el Diseño de Productos*. México, D.F.: Limusa-Wiley.
- Davis, M. (2009, July). Defining Engineering from Chicago to Shantou. *The Monist*, 92(3), 325-338.
- Dym, C., and Little, P. (2002). *El Proceso de Diseño en Ingeniería. Cómo Desarrollar Soluciones Efectivas*. México, D.F.: Limusa-Wiley.
- Eekels, J. and Roozenburg, N.F.M. (1991, October). A Methodological Comparison of the Structures of Scientific Research and Engineering Design: Their Similarities and Differences. *Design Studies*, 12(4), 197-203.
- Goldberg, D. (2010). Why Philosophy? Why Now? Engineering Responds to the Crisis of Creative Era. In I. v. Poel (Ed.), *Philosophy and Engineering. An Emerging Agenda* (Vols. Philosophy of Engineering and Technology, vol. 2, p. 259). Dordrecht: Springer.

- Houkes, W. (2009a). Introduction to Part II: Ontology and Epistemology of Artefacts. In A. Meijer (Ed.), *Philosophy of Technology and Engineering Sciences* (Vol. 9, pp. 187-189). Amsterdam: Elsevier.
- Houkes, W. (2009b). The Nature of Technological Knowledge. In A. Meijers (Ed.), *Philosophy of Technology and Engineering Sciences* (Vol. 9, pp. 309-350). Amsterdam: Elsevier.
- Houkes, W. and Vermaas, P.E.. (2010). *Technical Function. On the Use and Design of Artefacts*. Dordrecht: Springer.
- Idhe, D. (1991). *Instrumental Realism. The Interface Between Philosophy of Science and Philosophy of Technology*. Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press.
- Koen, B. (2000). *El Método de Ingeniería*. Bogotá: Universidad del Valle, ACOFI.
- Kroes, P. (2002, May). Design Methodology and the nature of technical Artefacts. *Design Studies*, 23(3), 287-302.
- Kroes, P. (2009). Foundational Issues of Engineering Design. In A. Meijers (Ed.), *Philosophy of Technology and Engineering Sciences* (Vol. 9, pp. 513-542). Amsterdam: Elsevier.
- Kroes, P. (2010). Engineering and the Dual Nature of Techninal Artifacts. *Cambridge Journal of Economics*, 34, 51-62.
- Kroes, P. Franseen, M. and Bucciarelli, L. (2009). Rationality in Design. In A. Meijers (Ed.), *Philosophy of Tecnology and Engineering Sciences* (Vol. 9, pp. 565-600). Amsterdam: Elsevier.
- Meijers, A., Franseen, M., Vermaas, P. and Houkes, W. (1999). *The Dual Nature of Technical Artifacts*. Recuperado Octubre 12, 2010, de NWO grant application en:
- <http://www.dualnature.tudelft.nl>
- Mitcham, C. (2009, July). A Philosophical Inadequacy of Engineering. *The Monist*, 92(3), 339- 356.
- Pahl, G. a. (2005). *Engineering Design: A Systematic Approach*. London: Springer-Verlag.
- Pitt, J. (2000). *Thinking About Technology. Foundation of the Philosophy of Technology*. New York: Seven Bridge Press.
- Pitt, J. (2001, Spring). What Engineers Know. *Techné*, 5(3), 17-30.
- Poser, H. (1998, Winter). On Structural Differences Between Science and Engineering. *Techné*, 4(2), 81-93.
- Pugh, S. (1991). *Total Design. Integrated Methods for Successful Product Engineering*. Wokingham, England: Addison-Wesley Publishing Company.
- Reddy, J., Finger, S., Konda, S. and Subrahmanian, E.. (2005). *Design as Building and Reusing Artifact Theories: Understanding and Supporting Growth of Desing Knowlegde*. Retrieved Enero 19, 2007, en:
- <http://www.ices.cmu.edu/ndim/papers/final.really.pdf>
- Schön, D. (1983). *The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action*. New York: Basic Books.
- Shapere, D. (1998, Winter). Building on What We Have Learned: The Relations Between Science and Technology. *Techné*, 4(2), 142-151.
- Simon, H. (1996). *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Suh, N. (1990). *The Principles of Design*. Nwe York: Oxford University Press.
- Suh, N. (2001). *Axiomatic Design. Advances and Applications*. London: Oxford University Press.
- Thomasson, A. (2009). Artifacts in Metaphysics. In A. Meijers (Ed.), *Philosophy of Technology and Engineering Sciences* (Vol. 9, pp. 191-212). Amsterdam: Elsevier.
- Vermaas, P. Kroes, P., Poel, I. van de, Franssen, M. and Houkes, W.. (2011). Technological Knowledge. In *A Philosophy of Technology. From Technical Artefacts to Sociotechnical Systems* (Vol. Lecture #14, pp. 55-66). University of Weterm Autralia: Morgan & Claypool.

- Vincenti, W. (1990). *What Engineers Know and How They Know it: Analytical Studies from Aeronautical History*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Xiao, F. (2005). Interface Between Technology and Engineering -On the Relation Between Invention and Generation. *Journal of Northeastern University (Social Science)*, 01.

### Sobre el autor

- **Diego Fernando Jaramillo Patiño**, Licenciado en Filosofía y Letras, Máster en Filosofía de la Ciencia y Epistemología de la Universidad de Caldas, Profesor Ocasional de Tiempo Completo, Profesor de Metodología del Diseño en Ingeniería, Universidad del Quindío. [diegojaramillop@uniquindio.edu.co](mailto:diegojaramillop@uniquindio.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)